

Király Sándor

Eszterházy Károly Főiskola

ksanyi@aries.ektf.hu

A DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS E-LEARNINGES OKTATÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Abstract

A tanári pálya egyik érdekes és izgalmas területe annak kutatása, hogy milyen didaktikai módszerek alkalmazásával lehet hatékonyan elsajátíttatni az éppen aktuális tananyagot a korosztályban, érdeklődési körben, a választott tagozatban, előképzettségben, s motiváltságban egyaránt sokszínű képet mutató tanulókkal illetve hallgatókkal. Hogyan lehet azt megoldani, hogy ugyanazt a tananyagot ugyanolyan szinten sajátítsa el a levelező tagozatos hallgató, mint a nappali tagozatos?

A megoldást a Digitális képfeldolgozás tárgy tanításában olyan tananyag készítése jelentheti, melyet egyrészt bármikor és bármely, internetes kapcsolatra képes eszközön el lehet érni, valamint testreszabható, interaktív, és különböző médiumokat képes felhasználni a tanulás folyamán. Az elvégzett kísérletek azt bizonyították, hogy az általunk kifejlesztett tananyag nagymértékben javította a digitális képfeldolgozás tárgy tanulásának hatékonyságát, jelentősen javultak a hallgatók eredményei. Az LMS használata és az értékelési rendszer pedig hozzájárult a tanulási szokások megismeréséhez, és lehetővé tette a tananyag továbbfejlesztését, a különböző tanulói képességekhez illesztését. Az eredmények azt mutatják, hogy a naplófájlok felhasználásával, a tanulási szokások feltérképezésével, és az értékelő rendszer eredményeinek elemzésével továbbfejlesztett elektronikus tananyag hatékonyabbá vált a korábbihoz képest.

Bevezetés

A digitális képfeldolgozás során arra törekszünk, hogy a képek elemzése révén fokozatosan megértsük, azaz helyesen értelmezzük a képen foglalt vizuális információkat, felismerjük, hogy mit ábrázol a kép. Ehhez a képen olyan átalakításokat végzünk, melyek révén az eredetinél kedvezőbb tulajdonságú képet kapunk. Az átalakítások túlnyomó része valamilyen algoritmus, többnyire erős matematikai alapon. A tárgy oktatása során a hallgatóknak egyrészt ismerniük és alkalmazniuk kell az egyes képfeldolgozási eljárásokat a rendelkezésre álló szoftverek segítségével (GIMP, ImageJ, MATLAB), másrészt meg kell érteniük a képfeldolgozási algoritmusok elméleti hátterét.

A Digitális képfeldolgozás kurzust az Eszterházy Károly Főiskolán tanítottuk nappali és levelező tagozatos informatikus hallgatóknak. Az előbbinek 28 órája, az utóbbinak körülbelül 12 órája van. Hogyan lehet a levelező tagozatos hallgatók motiváltságát fenntartani, ha egy félévben kétszer találkoznak a tanárral? A tárgy választható jellege miatt arra is törekedni kell, hogy minél kisebb legyen a lemorzsolódás, a hallgatók minden évben válasszák a tárgyat. Hogyan lehet a különböző matematikai alapokkal

rendelkezők számára megtanítani a képfeldolgozó algoritmusok matematikáját úgy, hogy az órán senki se unatkozzon, hogy az érdeklődést folyamatosan fenntartsuk? A tantermi foglalkozás esetén ugyanis a cél általában az, hogy egy konkrét tananyagot a tanteremben lévő közösség egy meghatározott szinten elsajátítson, figyelmen kívül hagyva a közösséget alkotó tanulók képességeit.

A tananyag

A megoldást olyan tananyag készítése jelentette, amelyet egyrészt bármikor és bármely, internetes kapcsolatra képes eszközön el lehet érni, továbbá testre szabható, valamint interaktív és különböző médiumokat képes felhasználni a tanulás folyamán.

Ezen kritériumoknak eleget tesz, ha a tananyagot az e-learning minőségi ajánlásainak megfelelően készítjük el SCORM kompatibilis tartalomesomagokként, és a csomagokat Moodle LMS-be importáljuk. A Moodle lehetővé teszi az egyéni kontextusok feltérképezését a felhasználói profilok megfelelő kialakításával, a tevékenységjelentések, blogbejegyzések, és a kitöltött kérdőívek használatával. Támogatja a rugalmas tanulási környezetet a portál, a kurzusok, valamint az egyes tananyagok szintjén, és azzal, hogy a szerepek és a szerepekhez rendelt jogosultságok akár kurzusonként újradefiniálhatók. Ráadásul sok külső alkalmazással képes együttműködni, melyek nagy része beépíthető a kurzusokba. A tananyagba beépíthetők külső programok (például java appletek), szemléltető anyagok a megfelelő URL megadásával. Naplózási tevékenysége alkalmasnak bizonyult a tanulási szokások feltérképezésére is.

A tárgyhoz készített tananyag a Digitális képfeldolgozás alapjaival szeretné megismertetni a hallgatókat, ezért a következő fejezetek alapján tárgyalja az anyagot:[1][2]

Az emberi látás modellje

Digitalizálás

Képfeldolgozási műveletek

Lineáris koordináta-transzformációk

Hisztogram alapú eljárások

Aritmetikai és logikai műveletek

Invertálás

A konvolúción alapuló műveletek

Éldetektálás, élesítés és simítás

Integrál transzformációk

Fourier transzformáció

Szűrők frekvencia tartományban

A Wavelet transzformáció és alkalmazásai

Matematikai morfológia

Szegmentálás

Digitális képformátumok

A kidolgozott tananyaghoz a következő didaktikai sablont fejlesztettük ki:

Bevezetés

Célkitűzések, követelmények meghatározása

Leckék

Célkitűzések

A tananyag kifejtése
Gyakorlati feladatok
Összefoglalás
Önellenőrző kérdések
Tesztkérdések
Kiegészítések
Irodalomjegyzék
Glosszárium, kulcsfogalmak
Próbavizsga A-C
Zárthelyi dolgozatok A-B

A tananyagot a következő didaktikai elvek alapján fejlesztettük ki:

- A tanulói aktivitás kiemelkedően fontos, ezért a tanítás legyen nagymértékben aktivizáló, ahogyan a mondás mondja: „Hallom és elfelejtem, látom és emlékszem rá, csinálom és megértem.”[3]
- A tanítás-tanulási folyamat többszatomás legyen. A megfigyelések szerint a felvett információkból az emlékezetünkben a következő arányokban maradnak meg az információk: a csak olvasott információból 10%, a hallott információkból 20%, a látottból 30%, a látott és hallott információkból 50%, a látott, hallott és a saját magunk által elmondott információkból 70%, a saját magunk által végzett tevékenységekből az információk 90%-a marad meg. Ezek az adatok a konkrét és képi reprezentációk használatának fontosságát bizonyítják.
- Gyakorlat teszi a mestert.
- A tanulás folyamatában biztosítani kell lazább, pihentető szakaszokat.
- Szükség van a tanulók figyelmének provokálására.
- A tanítás-tanulási folyamatban kulcsfontosságú legyen a tanulói kíváncsiság.

Figyelembe véve azt, hogy a tananyagban tárgyalt képfeldolgozási eljárások három elméleti alappillére az integrál transzformációk, a konvolúció és a matematikai morfológia, így ezek minél jobb relációs megértésére külön tananyagot dolgoztunk ki. (A negyedik hisztogram transzformációk, de korábban ezeket a tanulók könnyen megértették.)

Integrál transzformációk

A digitális képfeldolgozásban egy kép képtérből frekvencia térbe történő transzformációjához 2 dimenziós diszkrét Fourier transzformációt használunk. Didaktikai okból a tananyag az 1 dimenziós folytonos, majd a diszkrét Fourier transzformációt mutatja be először és nem a 2D diszkrétet. Az előbbieket megértése sokkal könnyebb, és kihasználjuk, hogy a 2D-s változat az 1D-s kétszeri alkalmazásával kapható a transzformáció szeparábilis tulajdonsága miatt.

Az 1D Fourier transzformáció megértését a következő eszközökkel segítettük:

- Egy Excel munkalap, amelyben a diákok definiálhattak és megjeleníthettek jeleket és ezek spektrumait.
- Hogy mit jelent képeknél a frekvencia, ezt szemléletes képek felhasználásával mutatjuk meg.

- Egy külső flash programmal, amely adott jelhez képes a jelhez hasonló koszinusz hullámokat keresni azok frekvenciáinak változtatásával. A hullámok frekvenciájának változtatásakor a program mutatja az integrálás eredményét.
- A tananyagban konkrét példák segítik a diszkrét Fourier transzformáció egyúthatóinak kiszámítását.
- Speciális képes mutatják, hogy mit jelentenek a frekvenciák képek esetében.

A szűrést frekvencia térben és a szűrők definiálását az ImageJ programmal és egy MATLAB-hoz fejlesztett programmal demonstráljuk. Az alkalmazás JPG képeket tud betölteni, és azt szemlélteti, hogy ha a magas frekvenciákat növeljük meg, akkor ez élek markánsabbak lesznek (zajos képen a zajok is), ha csökkentjük, akkor elmosódnak. Az alacsonyabb frekvenciatartomány manipulálása esetén a kép szaturációját, színhőmérsékletét tudjuk befolyásolni.

Ezekon kívül a tananyagban található külső applet segítségével a tanulók aluláteresztő és felüláteresztő szűrőket definiálhatnak és hajthatnak végre saját feltöltött képeiken.[4]

A Wavelet transzformáció és a DCT megértése az FT után már nagyon könnyű.

A DCT és a HWT energia megőrző tulajdonságának oktatásához két Excel táblázatot készítettünk, amelyek egy kép világosságkódjainak megadása után elvégzik a transzformációt, és megjelenítik az új kép világosságkódjait.[5] A DCT munkalapok a JPG fájlok teljes kódolását bemutatják.[6] A tanulók a képeken a Wavelet transzformációt a MATLAB Wavelet Toolbox segítségével hajtják végre.

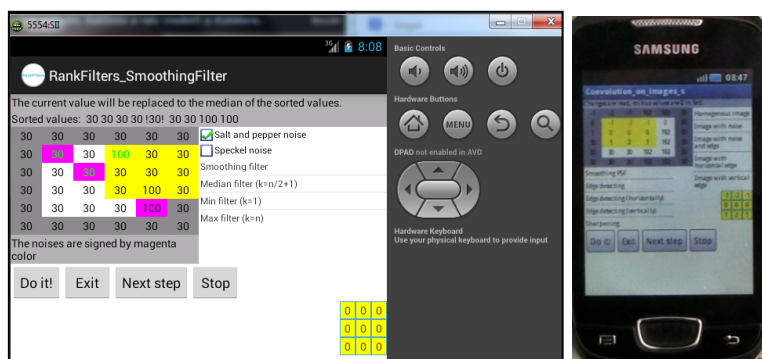
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1		100	100	100	100	100	100	100	100			0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0
2		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0,70711	0,70711	0	0	0	0
3		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0	0	0,70711	0,70711	0	0
4		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0	0	0	0	0,70711	0,70711
5		100	100	100	100	100	100	100	100			-0,70711	0,70711	0	0	0	0	0	0
6		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0	0,70711	0,70711	0	0	0
7		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0	0	0	0	-0,70711	0,70711
8		100	100	100	100	100	100	100	100			0	0	0	0	0	0	0	-0,70711
9		100	100	100	100	100	100	100	100			0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0	0
10		100	100	100	100	100	100	100	100			0,70711	0	0	0	0	0,70711	0	0
11		100	100	100	100	100	100	100	100			0,70711	0	0	0	0	0,70711	0	0
12		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4			0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0	0
13		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4			0,70711	0	0	0	0,70711	0	0	0
14		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4			0	0,70711	0	0	0	0	-0,70711	0
15		141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4			0	0,70711	0	0	0	0,70711	0	0
16		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0	0	0,70711	0	0	0	-0,70711	0
17		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0	0	0,70711	0	0	0	0,70711	0
18		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0	0	0	0,70711	0	0	0	-0,70711
19		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0	0	0	0,70711	0	0	0	0,70711
20		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,70711	0	0	0	0	0	0	0
21																			
22					200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
23					200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
24					200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
25					200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
26					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
27					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
28					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
29					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							

1. ábra Wavelet transzformáció Haar wavelet használatával (Az A mátrix a kép, az U mátrix a DCT mátrix, UA a szorzatuk, U^T az U transzponáltja.)

Konvolúció

A digitális képfeldolgozásban a kétdimenziós diszkrét konvolúciót használjuk. Az FT-hez hasonlóan a tananyag az egy dimenziós folytonos és diszkrét verziókat mutatja be először. A megértést animációkkal és a diszkrét esetekben tényleges példák segítik. Valódi képek feldolgozásához a tanulók a GIMP-et használják, amelyben használhatják a tanult szűrőket, pl. a Sobelt vagy a Laplace-t. Annak szemléltetésére, hogy hogyan működik lépésről lépésre a konvolúció képek esetében, két számítógépes programot fejlesztettünk. Az első különböző képek intenzitás értékein hajtja végre a konvolúciót

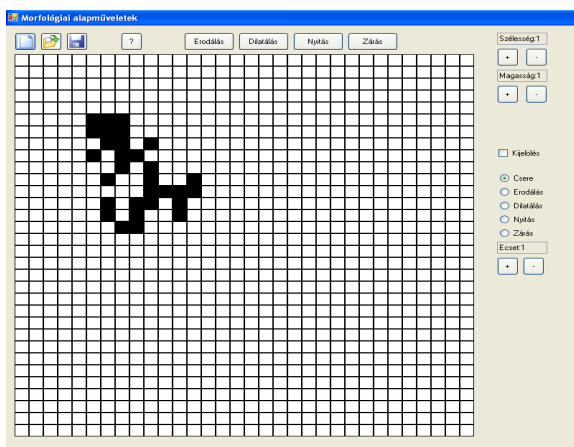
különböző PSF-eket használva. A tanulók választhattak homogénkép, zajos kép, vízszintes vagy függőleges élt tartalmazó képek között. A program lépésről lépésre mutatja, hogyan változnak a kiválasztott kép fényességekódjai a választott PSF függvényében. A másik szoftver a sorrendi szűrők működését mutatja be összehasonlítva a simító szűrő működésével. Mindkét programot Java appletként és Android alkalmazásként is elkészítettük.



2. ábra A konvolúció szemléltetése saját készítésű programmal

Matematikai morfológia

A matematikai morfológia oktatásához a szemléletes képeken kívül saját fejlesztésű programot használunk. A program segítségével a hallgatók tetszőleges képeket generálhatnak, majd a strukturáló elem nagyságának megadása után a programmal végrehajtják a kiválasztott morfológiai műveletet. A képek tárolhatók, újrafelhasználhatóak. A program képes arra, hogy lépésenként mutassa meg, hogy mikor melyik objektumpont változik háttérre vagy fordítva: melyik háttérpontból lesz objektumpont. A program a hallgatók által írt metódusokkal bővíthető.



3. Morfológiai műveletek szemléltetése saját készítésű programmal

A tananyag szövege

A tanulók figyelmének provokálását, a figyelem fenntartását metaforákkal, kérdésekkel, humoros fordulatokkal érjük el. A kifejlesztett tananyag szövegének finomszerkezete biztosítja a figyelemfelkeltést és a tanulási tartalom problematizálását, a hierarchikus felépítés pedig az előzetes ismeretek és tapasztalatok aktiválását, az újonnan megtanultaknak a megfelelő ismeretekkel való összekapcsolását segítik. A tananyaghoz felhasznált interaktív programok, saját fejlesztésű alkalmazások és animációk biztosítják az interaktivitást, bevonják a tanulókat a tanulási folyamatba, növelve ezzel a motivációt, melyet tovább növelnek a különböző gyakoroltató feladatok, amelyeket gondosan kiválogatott képeken kell végrehajtani.

Az értékelési rendszer

Az oktatóanyag csak akkor éri el az egyik legfontosabb célt, az önálló tanulás hatékony támogatását, ha az értékelési rész megfelelően van kidolgozva. Így az értékelési rendszer gondoskodik a folytonos visszacsatolásról, ugyanakkor úgy fejlesztettük ki, hogy annak használata biztosítja a tananyag instrumentális és relációs megértését, valamint a sikeres zárhelyi dolgozatokat is. [7][8][9]

Minden lecke végén gyakorlati feladatok, ellenőrző kérdések és tesztkérdések egyaránt megtalálhatóak. Az ellenőrző kérdések a tananyag szövege alapján készültek. Azt mérik, hogy a hallgató mennyire jegyezte meg szöveget, a definíciókat és az egyes tételeket. A tesztkérdések azt mérik, hogy a tanulók megértették-e a szöveget, a definíciókat és a tételeket. A 212 db kérdés 7 kérdéstípusba kategorizálva (igaz-hamis, feleletválasztás, rakjuk sorrendbe, relációanalízis, párosítási feladatok, egészítsük ki egy számmal (kitöltős), kiegészítő kérdések.) A válaszok leadása után a tanulók azonnal megkapják a teszt eredményeit és a helyes válaszokat.

A tananyag tartalmaz kidolgozott feladatok és olyanokat is, amelyeket a tanulóknak önállóan kellett megoldani a használt programokkal (GIMP, ImageJ, MATLAB). Ezek a feladatok azt mérik, hogy a tanulók megértették-e, hogy mely műveletek milyen esetekben eredményeznek adott képeken a feladat által kívánt változást. Ezeken kívül a tanulók tudásukat a kurzus végén található 3 próbateszt segítségével is mérhetik.

Eredmények

Az e-learninges tananyag hatékonyságának mérésre egy kísérletet végeztünk. A nappalis és a levelezős hallgatókat is véletlenszerűen két-két csoportba soroltuk. A kísérleti csoportok az e-learning-es tananyag használatával tanultak, a kontrol csoportok hagyományos oktatásban vettek részt. A kurzus végén a csoportokban lévő diákok ugyanazt az elméleti és gyakorlati feladatokat is tartalmazó tesztet írták meg.

A nappalis tagozatos csoportok eredményei

A 21 fős kísérleti csoport elméleti eredményeinek az átlaga 80,95%, míg a 19 fős kontrolcsoport átlaga 69,00% volt. (Órarend probléma miatt egy diákot áttettünk a kontrol csoportból a kísérleti csoportba.) A gyakorlati eredmények átlaga 68,24% százalék a kísérleti csoportnál és 53,16% a kontrol csoportnál. Mindkét esetben a

különbség jelentősnek mondható. Mivel a minták nyilvánvalóan normális eloszlásúnak tekinthető populációból származnak, és az F-próba elvégzése után megállapítottuk, hogy a vizsgált minták varianciája nem különbözik egymástól lényegesen, így elvégezve a kétmintás t-próbát az elmélet esetében 99,485%-os, a gyakorlat esetében 97%-os valószínűséggel mondhatjuk, hogy a tanulók teljesítményének átlagértéke közötti különbség a kifejlesztett e-learning tananyag eredménye. A tananyag testreszabható szövege, a rendkívül szemléletes ábrák, animációk, az interaktív lehetőségek tárháza azt eredményezte, hogy a kísérlet csoportban tanulók teljesítménye több mint 11 százalékponttal, illetve a gyakorlat esetében több mint 15 százalékponttal jobb volt.

A levelező tagozatos csoportok eredményei

A 19 fős kísérleti csoport elméleti eredményeinek az átlaga 86,10%, míg a 9 fős kontrolcsoport átlaga 68,78% százalék. (10 diák nem fejezte be a kurzust.) A gyakorlati eredmények átlaga: 57,37% a kísérleti csoportnál és 37,33% százalék a kontrol csoportnál. Az eredmények közötti különbség sokkal nagyobb, mint a nappali tagozatos csoportok esetében. Mivel a minták itt is nyilvánvalóan normális eloszlásúnak tekinthető populációból származnak, és az F-próba elvégzése után megállapítottuk, hogy a vizsgált minták varianciája nem különbözik egymástól lényegesen, így elvégezve a kétmintás t-próbát az elmélet esetében 99,87%-os, a gyakorlat esetében 98,70%-os valószínűséggel mondhatjuk, hogy a tanulók teljesítményének átlagértéke közötti különbség a kifejlesztett e-learning tananyag eredménye.

A tanulási szokások vizsgálatának eredményei

A Moodle naplózását kihasználva összehasonlítottuk a tanulók évközi eredményeit a zárhelyi dolgozat eredményeivel. Az egyes leckék végén lévő ellenőrző kérdések eredményét minden tanuló esetében átlagoltuk, és az így kapott értéket vetettük össze a zárhelyin elért eredményekkel. Kiderült, hogy mindössze két olyan hallgató volt, akik a tanulási szakaszban 80 százaléknál többet teljesítettek, de a zárhelyin 80 százalék alá került a teljesítményük. A korrelációs együttható értéke 0,5530 volt, ami a tanulási szakaszban nyújtott teljesítmény és a zárhelyin elért teljesítmény között pozitív irányú, érzékelhető korrelációs összefüggésre utal. A tananyag használói ezek alapján biztosak lehetnek abban, hogy a tananyag értékelési rendszere pontosan mutatja azt, hogy milyen mélységben sajátították el a tananyagot. Az értékelési rendszerben nyújtott jó teljesítmény pedig a zárhelyin is jó eredményre predesztinálja a tanulót, ami egyben motiváció is számára. Azaz az elektronikus tananyag a megfelelő értékelő rendszerrel motivációs tényezővel bír a hallgatók számára.

A naplózást kihasználva megvizsgáltuk a tanulási szokásokat, valamint azt, hogy az értékelési rendszerben megtalálható feladatokra, kérdésekre milyen válaszok születtek. Ezek alapján módosítottuk a tananyagot és didaktikai sablont is. Az elméleti részekbe is kerültek gyakorlati feladatok, egyes gyakorlati feladatok megoldását a tanárnak elküldve pedig biztosítottuk a visszacsatolást. A tananyag egyes részeit további szemléletes példákkal, animációkkal tettük érthetőbbé.

A tananyag-változtatás után egy nappali tagozatos és egy levelező tagozatos csoport eredményeit is megvizsgáltuk. A nappali tagozatos hallgatók elméleti eredményének átlaga 87,14%, a korábbi 80,95%-hoz képest, a gyakorlati eredmények átlaga 83,18% a

korábbi 68,24%-hoz képest. Hasonlóan javuló eredményeket értünk el a levelező tagozatos hallgatók esetében is, ahol az elméleti eredmények átlag 89,55% a korábbi 86,10%-hoz képest, a gyakorlati eredmények átlaga 77,00% a korábbi 57,37%-hoz képest. A tantárgyat felvett levelező tagozatos hallgatók közül egyetlen egy nem jött el a zárthelyi dolgozatra, a lemorzsolódás mértéke tehát továbbra is minimális volt.

Konklúzió

Ezek az eredmények bizonyítékát adják annak, hogy az e-learning hatékony oktatási stratégia lehet a Digitális képfeldolgozás tanításának területén. A tárgyhoz kifejlesztett tananyag komoly matematikai előképzettség nélkül is lehetővé teszi a tananyag megértését.

Az eredmények azt mutatják, hogy a naplófájlok felhasználásával, a tanulási szokások feltérképezésével, és az értékelő rendszer eredményeinek elemzésével továbbfejlesztett e-learning tananyag hatékonyabbá vált a korábbihoz képest.

Az elvégzett kísérletek azt bizonyították, hogy a kifejlesztett tananyag nagymértékben javította a digitális képfeldolgozás tárgy tanulásának hatékonyságát, jelentősen javultak a hallgatók eredményei.

Az LMS használata és az erős értékelési rendszer hozzájárult a tanulási szokások megismeréséhez, és lehetővé tette a tananyag továbbfejlesztését, a különböző tanulói képességekhez illesztését.

Ennek megfelelően azt mondhatjuk, hogy az e-learning használata megfelelően kidolgozott, motiváló tananyaggal, a tananyaghoz fejlesztett számítógépes programokkal, Excel munkalapokkal népszerűbbé tehet egy választható tárgyat a hallgatók körében, növelve a belső motiváltságot. Az elektronikus tananyag testreszabhatósága pedig felgyorsítja a tanulási folyamatot.

Irodalomjegyzék

- [1] Fazekas, A., Kormos, J. (2004), *A digitális képfeldolgozás matematikai alapjai*, <http://www.inf.unideb.hu/~hajdua/kepfeldolgozas.pdf>, letöltve: 2010.10.10
- [2] Fazekas, G., Hajdú, A. (2004). *Képfeldolgozási módszerek*, http://www.inf.unideb.hu/~hajdua/km_main.pdf, letöltve: 2010.10.10.
- [3] Gordana, S. (2008). Konkrét és képi reprezentációk használata a hetedik osztályos algebratanításban, PhD thesis, Debrecen University, letöltve: 2008. 11.11.
- [4] Fisher, R., Brown, N., Cammas, N., Fitzgibbon, A., Horne, S., Koryllos, K., Murdoch, A., Robertson, J., Sharman, T., Strachan, C. (2004), *Image processing learning sources*, <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/fftdemo.htm>, Letöltve: 2010.10.12.
- [5] Király, S. (2012), *Demonstrating the feature of energy saving of transforms in secondary schools*, Teaching Mathematics and Computer Science, 10/1 (2012), 43-55.
- [6] Watson, A.B. (1994), *Image Compression Using the Discrete Cosine Transform*, http://www.mathematica-journal.com/issue/v4i1/article/81-88_Watson.mj.pdf, letöltve: 2010.10.10.
- [7] Attwell, G. (2006), Evaluating E-learning: *A Guide to the Evaluation of E-learning*, http://www.pontydysgu.org/wp-content/uploads/2007/11/eva_europe_vol2_prefinal.pdf, letöltve: 2010.10.12.
- [8] Kim, S. W. and Lee, M. G. (2007), *Validation of an evaluation model for learning management systems*, Journal of Computer Assisted Learning, 2007, Issue 4, Vol. 24, pp. 284–294.

- [9] Park, S.T., Byun, D.W., Park, D. W., Lee, H. (2005), *Evaluation System in e-Learning Through the Knowledge State Analysis Method*,
<http://faculty.ksu.edu.sa/Shammami/Documents/CSC%20541/Paper/370.pdf>,
letöltve: 2011.01.11.